Страницы истории ТПУ

УДК 3308:796

ОТ НАУКИ – К РАДИКАЛЬНЫМ ТЕХНИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ: ЭЛЕКТРОФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА

М.Ф. Ворогушин, Г.Л. Саксаганский, О.Г. Филатов

Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова. Санкт-Петербург

Описан полувековой жизненный путь выпускника Томского политехнического института академика Василия Андреевича Глухих. Отражены основные этапы его плодотворной творческой деятельности, изложены основные достижения возглавляемой им научной школы.

Весной 1953 года выпускник Томского политехнического института, молодой инженер-физик Василий Глухих с естественным волнением и твердым желанием стать настоящим специалистом переступил порог некоего строго засекреченного "почтового ящика" в Ленинграде. Так судьба навсегда связала будущего академика, лауреата Ленинской и Государственных премий Василия Андреевича Глухих с электрофизикой, отечественным электрофизическим аппаратостроением.

В декабре 1945 года, к моменту сформирования "почтовый ящик" представлял собой сравнительно немногочисленное Особое конструкторское бюро (ОКБ) на лабораторно-производственной базе завода "Электросила". Задачи, поставленные правительством перед ОКБ в тот период, были ориентированы на советский атомный проект. Начальный "портфель заказов" включал создание электромагнитных сепараторов – установок для разделения изотопов трансурановых элементов, – и циклотронов – наиболее мощных в те годы источников ускоренных пучков альфа-частиц, необходимых для экспериментального изучения ядерно-физических свойств урана и плутония.

В нескончаемой череде научных проблем и производственных забот непосредственные участники тех событий вряд ли задумывались об их историко-философском значении. Между тем в летописи электрофизики – науки о взаимодействии электрических зарядов, вещества, электромагнитных полей, – с рождением ОКБ открывалась новая глава.

Создание специализированного научно-конструкторского учреждения в голодной, разрушенной войной стране означало, что законы электрофизики перестают рассматриваться государством лишь как "внутреннее дело" Природы и пища для умов отдельных ученых. Познание этих законов делает электрофизические установки мощнейшим орудием производства и общественной практики. Вначале робко, а затем все более решительно и крупномасштабно они оборачиваются новыми практически вечными энергоисточниками, технологическими инструментами невиданной ранее эффективности; нейтрализуют враждебные для человека среды; наделяют прозрачностью непроницаемое; сближают людей, материки и планеты; открывают для целительного вмешательства тончайшую архитектонику человеческого организма. По существу, со второй половины XX века Школа электрофизики, продолжая углублять и расширять понимание окружающего нас мира, одновременно становится Школой практических технологий. Их потенциальную значимость во всех сферах современной цивилизации мы только-только начинаем осознавать.

Основателем и первым руководителем ОКБ, в 1960 г. ставшего известным как Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры (НИИЭФА), был Дмитрий Васильевич Ефремов – соратник академика И.В. Курчатова, видный советский ученый и инженер, государственный и общественный деятель. За выдающиеся заслуги в становлении атомной науки и промышленности Д.В. Ефремов был удостоен званий лауреата Ленинской и четырех Государственных премий СССР, трижды награжден орденом Ленина, многими орденами и медалями. Его имя с 1961 года носит созданный им институт.

У истоков НИИЭФА стоит также докт. техн. наук, проф. Евгений Григорьевич Комар, многие годы работавший в тесной творческой связке с Д.В. Ефремовым и ставший его преемником на посту директора НИИЭФА. За выдающийся вклад в развитие электрофизического аппаратостроения и электромашиностроения Е. Г. Комару присуждены Ленинская и пять Государственных премий СССР, он награжден орденом Ленина; кавалер многих орденов и медалей.

С первых лет существования НИИЭФА традиции полной творческой самоотдачи вместе с Д.В. Ефремовым и Е.Г. Комаром закладывали многие специалисты, пришедшие в коллектив с полей Великой отечественной войны. В их числе Ф.К. Архангельский, М.А. Гашев, Г.А. Зейтленок, И.Ф. Малышев, Н.А. Моносзон, Б.В. Рождественский, И.М. Ройфе, А.М. Столов, десятки других инженеров-исследователей, конструкторов, технологов. Их труд отмечен лауреатскими званиями, правительственными наградами, высокими учеными степенями; память о них олицетворяют уникальные электрофизические установки, многие из которых успешно функционируют до сих пор.

Нельзя не назвать, к примеру, экспериментально-промышленный комплекс по электромагнитному разделению изотопов: до 1951 года – трансурановых элементов, а с 1952 года – лития; синхроциклотрон на 680 МэВ для Объединенного института ядерных исследований (1949 г.); циклотроны с диаметром полюсных наконечников 120 и 150 см для ядерных центров СССР, стран Восточной Европы и КНР (1951–1957 гг.); крупнейший в мире протонный синхротрон на 10 ГэВ (1957 г.); первую в мире плазменную ловушку с магнитными пробками ОГРА-1 (1958 г.) и крупнейший токамак Т-3 (1963 г.), на котором впервые в мире был экспериментально достигнут прорыв к термоядерным температурам; крупнейший в мире циклотрон многозарядных ионов для ОИЯИ (1963 г.); уникальные отечественные линейные ускорители электронов (ЛУЭ) на энергию 400 МэВ и 2 ГэВ для Харьковского физико-технического института (1963 г.) и первые отечественные ЛУЭ на 5 и 25 МэВ для лучевой терапии (1965 г.). Настоящим звездопадом достижений ознаменовался 1967 год. В строй действующих были введены самые крупные в мире протонный синхротрон на 76 ГэВ для Института физики высоких энергий, синхроциклотрон на 1 ГэВ для Ленинградского института ядерной физики и электронный синхротрон на 6 ГэВ для Ереванского физического института.

Серьезное внимание начинает уделяться проблемам радиационно-вакуумного материаловедения: разрабатываются и вводятся в научную эксплуатацию уникальные стенды для комплексного моделирования воздействия на конструкционные материалы ионных и электронных пучков, плазмы, электромагнитного излучения, разреженных газов строго контролируемого состава, термоциклических нагрузок. Первый такой стенд создавался в рамках отечественной космической программы. Уже через несколько лет эти работы разовьются в новое научное направление – экспериментальное термоядерное материаловедение.

Немало плодотворных творческих идей и перспективных направлений, зародившихся на заре советского электрофизического аппаратостроения, и поныне сохраняют свое значение.

Одно из таких направлений – МГД-электромашиностроение, получившее интенсивное развитие в НИИЭФА с начала 50-х годов в рамках нескольких ядерно-энергетических программ. Уже в 1952 г. под руководством Н.А. Моносзона был разработан и успешно испытан первый опытный образец электромагнитного МГД-насоса с жидкометаллическим рабочим телом. С 1954 г. эти работы возглавляет В.А. Глухих, сплотивший вокруг себя группу талантливых молодых инженеров – физиков, расчетчиков и конструкторов. Этот коллектив стал впоследствии творческим ядром специализированной лаборатории. Из ее среды вышли четыре доктора и семь кандидатов наук, заложившие инженерно-физические и технологические основы создания электрических машин нового класса. Выполненные ими исследования и разработки получили мировое признание. Они нашли воплощение при организации серийного производства высоконадежных электромагнитных насосов и дросселей с жидкометаллическим рабочим телом для реакторов на быстрых нейтронах и космических ядерно-энергетических установок.

Разработанными и изготовленными в НИИЭФА МГД-насосами укомплектованы все отечественные ядерные реакторы на быстрых нейтронах: БР-10, БОР-60, БН-350, БН-600. В общей сложности выпущено более 100 насосов различных модификаций. К настоящему времени продолжительность безотказной эксплуатации насосов реактора БН-600 достигла 60 тысяч часов, а установки БР-10 – 170 тысяч часов. В середине 80-х годов изготовлен и успешно испытан в жидкометаллическом контуре цилиндрический индукционный насос производительностью 3600 м^3/ч, до недавнего времени остававшийся самым мощным в мире.

Технические параметры, существенно превышающие мировой уровень, продемонстрировали и выпущенные в НИИЭФА электромагнитные дроссели и микронасосы для ядерно-энергетических установок космического базирования. В ходе летных испытаний достигнут 12-месячный эксплуатационный ресурс одной из таких энергоустановок – мировой рекорд, сохраняющийся по сей день. Лучший американский результат – около полутора месяцев. Хорошие перспективы имеет и созданная гамма МГД-устройств для ракетных ионно-плазменных двигателей, работающих на литии. Эти устройства успешно прошли полный цикл наземной отработки и испытательные орбитальные полеты на космических аппаратах серии “Космос”.

Под научным руководством В.А. Глухих создан уникальный автономный импульсный МГД-генератор мощностью 500 МВт на пороховом топливе с расходом 1000 кг/с. Компоненты генератора – электромагнитная система возбуждения с энергозапасом 100 МДж, индуктивный накопитель энергоемкостью до 600 МДж и коммутирующая аппаратура на 200 кА, 50 кВ, – до настоящего времени не имеют мировых аналогов, а параметры и удельные характеристики генератора остаются непревзойденными до сих пор.

К середине 50-х годов после знаменитого доклада академика И.В. Курчатова в Харуэлле о советских исследованиях по управляемому термоядерному синтезу проблема обуздания рукотворного солнца становится эпицентром мировых событий в физике. К этому времени успехи, достигнутые в МГД-тематике и волевые качества выводят питомца ТПИ в число молодых

лидеров института. В 1957 году группе специалистов под руководством В.А. Глухих поручается разработка тороидальной термоядерной установки "Альфа" – идейно-физического близнеца английской установки ZETA, – создаваемой по предложению И.В. Курчатова в качестве альтернативы линейной плазменной ловушке. За рекордно короткий срок, – около 9 месяцев, – "Альфа" вводится в строй; о ее параметрах советская делегация триумфально докладывает на Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии.

И хотя "Альфа" не стала физическим прообразом термоядерного реактора, полученный инженерный опыт сыграл важную роль на последующих этапах термоядерных исследований – уже на токамаках.

В 1967 году, пройдя партийные "университеты", В.А. Глухих назначается заместителем директора НИИЭФА по научной работе; с 1974 г. он становится руководителем института.

К концу 60-х годов обретают завершенность и логическую стройность общие принципы функционирования НИИЭФА. С одной стороны, этому способствовал динамизм, присущий атомной отрасли в целом, дальновидность, твердая воля и политическая ответственность ее штаба, с другой – неординарность научного и инженерного мышления, самодисциплина и обостренное чувство гражданственности руководителей НИИЭФА и его творческого актива. Последовательная ориентация на эти принципы позволила коллективу занять и на протяжении десятилетий устойчиво удерживать лидирующие позиции в отечественном и мировом электрофизическом аппаратостроении.

Прежде всего, это инженерная смелость, готовность браться за такие научно-технические задачи, которые "специалисту-обывателю" представлялись бы неразрешимыми. Своеобразный творческий экстрим! Не случайно ко многим инженерно-физическим концепциям и конструктивным решениям специалистов НИИЭФА безоговорочно приложимы эпитеты "уникальные", "не имеющие мировых аналогов", "пионерские" и т.п.

Далее, это системный подход к решаемой научно-технической проблеме. Электрофизические комплексы – это тончайшее сплетение объектов микро- и макромира; сложнейшая совокупность систем, узлов, механизмов, взаимодействующих в динамически оптимизированных режимах; гигантские объемы обрабатываемых информационных потоков; гармонизированное триединство "конструкция – материалы – технологии".

Создание таких комплексов немыслимо без участия профессионалов – представителей десятков научных и технических дисциплин, их четкого творческого взаимодействия, взаимодополняющего использования математического, физического и технологического моделирования, реализации индустриальных методов производства оборудования и организации сборочных работ, широкого координированного привлечения экспериментальных производств и специализированных промышленных предприятий.

Нельзя не назвать также предельную восприимчивость к буквально взрывным всплескам новых идей по прикладному использованию электрофизики и электрофизических установок, в особенности, в радиационных технологиях, медицине, экологии; активное международное сотрудничество по проблемам управляемого синтеза и физики высоких энергий не прерывавшееся даже в самые острые периоды "холодной" войны, готовность к быстрой смене тематических направлений при сохранении интеллектуального потенциала разработок, зримо проявившаяся в начале 90-х годов при "вторжении" НИИЭФА в сферу железнодорожного транспорта и электроэнергетики; постоянное административное и общественное внимание к проблеме подбора и профессионального роста молодых инженерных и научных кадров; гибкость в вопросах структурной и экономической политики.

Не будет преувеличением назвать перечисленные факторы спасительными для НИИЭФА в период обвального разрушения экономики и науки России 90-х годов.

Яркой демонстрацией названных принципов служит хронология разработок и внедрения электрофизических установок НИИЭФА. Вот лишь некоторые ее вехи:

1969 Первые отечественные высоковольтные тех нологические ускорители "Электрон" и "Аврора".

1970 Первый отечественный нейтронный генератор НГ-150.

– Электростатический перезарядный ускоритель ЭГП-10 (Дрезден).

1972 Первые ЛУЭ для стерилизации, активационного анализа, модификации пластмасс.

1974 Первый отечественный компактный изо-хронный циклотрон МГЦ-20 (Турку).

– Крупнейший в мире токамак Т-10.

1975 Крупнейший в мире комбинированный соленоид КС-250.

– Крупнейший в мире CO_2-лазер импульсно-периодического действия мощностью 100 кВт.

1976 Первые серийные ЛУЭ для промышленной дефектоскопии изделий тяжелого машиностроения.

1982 Уникальная электронно-пучковая установка "Ангара-5" для исследований в области инерциального термоядерного синтеза.

1985 Крупнейший в Европе нейтронный генератор "Снег-13".

1988 Уникальный электростатический перезарядный ускоритель тяжелых ионов УКП-2 (Алма-Ата).

– Крупнейший в мире токамак Т-15 со сверхпроводящей обмоткой тороидального магнитного поля.

1989 Крупнейший в мире токамак ТСП с адиабатическим сжатием плазменного шнура.

1994 Первая в мире ускоряющая система с пространственно-однородной квадрупольной фокусировкой ионного пучка.

– Первая отечественная автоматизированная сис-

тема телемеханического управления объектами электроснабжения железнодорожного транспорта.

– Первый отечественный вагон-лаборатория для автоматизированных испытаний контактной сети электрифицированных железных дорог.

1995 Первый импульсный ускоритель электронов для модификации конструкционных материалов (Карлсруэ).

– Первая отечественная установка ЭФАСКАН на базе ЛУЭ для таможенного контроля крупногабаритных контейнеров и транспортных средств.

– Первая отечественная установка для стереотаксической терапии узкими фотонными пучками.

1997 Первый высоковольтный ускоритель "Электрон-9" для промышленной очистки отходящих газов от оксидов азота и серы (КНР).

– Организация серийного производства ЛУЭ для лучевой терапии.

1998 Опытно-промышленная установка для лазерного разделения изотопов.

– Первый в мире мобильный лазерно-технологический комплекс мощностью 50 кВт.

1999 Первый отечественный сверхпроводящий магниторезонансный томограф.

– Первый мощный отечественный твердотельный лазер с диодной накачкой, работающий в режиме удвоения частоты.

2000 Первый мощный отечественный широкоапертурный лазер на парах меди.

– Первый ускорительный комплекс для дефектоскопии изделий тяжелого машиностроения методами радиографии и интроскопии (КНР).

– Первый ЛУЭ с локальной радиационной защитой для мобильной интроскопической системы таможенного контроля (Франция).

– Первый широкоапертурный CO_2-лазер высокого давления.

2001 Самый мощный отечественный лазер "Луч" на неодимовом стекле.

– Головной образец серийных автоматизированных ЛУЭ для промышленных стерилизационных установок.

Особое место в анналах мировой науки занимает международная программа создания экспериментального термоядерного реактора, идея которой выкристаллизовалась к 1978 году.

Это был первый в истории совместный шаг ведущих индустриальных держав к термоядерной энергетике.

По инициативе академика Е.П. Велихова страны Евратом'а, СССР, США и Япония начали проектную разработку международного термоядерного реактора – токамака ИНТОР. Образно говоря, это была научно-техническая "пристрелка": надо было обозначить проблемы и наметить пути их инженерного решения, выявить критические технологии, сформировать центральную проектную группу и национальные творческие коллективы ученых и инженеров, найти наиболее эффективные организационные и политико-юридические формы сотрудничества. Все это удалось сделать в течение десятилетия. Тысячи томов научных отчетов и технической документации в МАГАТЭ и организациях-участницах Проекта составляют уникальную энциклопедию знаний и технологического опыта нарождающейся энергетики XXI века.

В 1988 г. сделан новый крупный коллективный шаг на пути к термоядерной энергетике: начата проектная разработка международного реактора-токамака ИТЭР. Как и при проектировании реактора ИНТОР, на НИИЭФА возложены функции главного конструктора и координатора НИОКР в России. За 12 лет работы над проектом, к 2001 г. достигнуты выдающиеся научные и технические результаты по моделированию и технологической отработке основных систем реактора. Созданы научные, производственно-технологические и организационные предпосылки к тому, чтобы уже к 2005 году приступить к изготовлению сверхпроводящих магнитных блоков, вакуумной камеры, других систем и к 2012 году завершить сооружение ИТЭР-прообраза промышленной термоядерной электростанции будущего. Достигнутые российскими участниками Проекта (а их более 200!) результаты отвечают высшим мировым достижениям и позволяют нашей стране сохранять ведущие позиции в международном термоядерном сообществе.

Сказанное дает лишь фрагментарные иллюстрации к тому, что составляет сущность научной школы отечественного электрофизического аппаратостроения, путей и методов эффективного воплощения ее принципов. Школы, сформировавшейся в годы жесткого противостояния с Западом, когда доминирующим был оборонный вектор научно-технического развития страны. Школы, последовательно ориентированной на всемерное практическое внедрение разрабатываемой аппаратуры. Школы интеллектуальной раскованности и технологической смелости ученых и инженеров при ясном осознании ими личной ответственности за результат. Школы, фундамент которой заложили первые руководители НИИЭФА и лучшие традиции которой в новых нелегких условиях стремится поддерживать ее нынешний глава академик В.А. Глухих.